

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

KANJI et al

Serial No.:

Filed: January 25, 2005

For: QUASI SLANTED FIBER BRAGG GRATING, MULTIPLE SERIES FIBER
Bragg Grating, Optical Fiber Type Coupler and Optical
Connector

CLAIM TO PRIORITY UNDER 35 USC 365

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

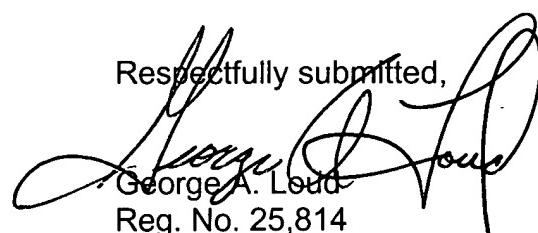
Sir:

The benefit of the filing date of Japanese Application No. 2002-241798 filed August 22, 2002, is hereby requested and the right of priority provided in 35 USC 365 is here claimed.

The captioned application corresponds to International Application PCT/JP2003/010571 filed August 21, 2003.

In support of this claim to priority a certified copy of said original foreign application has been forwarded by the International Bureau.

Respectfully submitted,


George A. Loud
Reg. No. 25,814

Dated: January 25, 2005

LORUSSO, LOUD & KELLY
3137 Mount Vernon Avenue
Alexandria, VA 22305

(703) 739-9393

10/523215

Rec'd PCT/PTO 25 JAN 2005

PCT/JP03/10571

21.08.03

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

RECD 12 SEP 2003

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2002年 8月22日

出願番号 Application Number: 特願2002-241798

[ST. 10/C]: [JP2002-241798]

出願人 Applicant(s): 昭和電線電纜株式会社

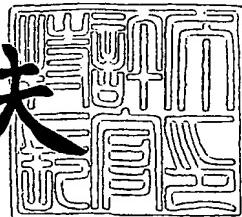
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 7月28日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 SW200243
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 6/28
H04B 10/20

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号
昭和電線電纜株式会社内

【氏名】 宮戸 寛治

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号
昭和電線電纜株式会社内

【氏名】 石川 宏

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号
昭和電線電纜株式会社内

【氏名】 中村 雅弘

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号
昭和電線電纜株式会社内

【氏名】 森田 和章

【特許出願人】

【識別番号】 000002255

【氏名又は名称】 昭和電線電纜株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077584

【弁理士】

【氏名又は名称】 守谷一雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100106699

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡部 弘道

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014384

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 擬スラント型ファイバプラックグレーティング、複数直列型ファイバプラックグレーティング、光ファイバ型カプラおよび光コネクタ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光ファイバのコアに、ファイバ主軸に対してグレーティングの格子ベクトルが傾斜する如く作成され、入射光を 90 % 以上の反射率で選択的に反射し、かつクラッドモードへの結合損失を 5 dB 未満にする第 1 の屈折率格子部を備えることを特徴とする擬スラント型ファイバプラックグレーティング。

【請求項 2】

光ファイバのコアに、ファイバ主軸に対してグレーティングの格子ベクトルが傾斜する如く作成され、入射光を 10 % 以上の反射率で選択的に反射し、かつクラッドモードへの結合損失を 5 dB 以上にする第 2 の屈折率格子部を備えることを特徴とする擬スラント型ファイバプラックグレーティング。

【請求項 3】

光ファイバのコアに、ファイバ主軸に対してグレーティングの格子ベクトルが平行になる如く作成され、入射光を実質的に 100 % の反射率で選択的に反射し、かつクラッドモードへの結合損失を 5 dB 未満にする第 3 の屈折率格子部が形成され、この第 3 の屈折率格子部と直列に、ファイバ主軸に対してグレーティングの格子ベクトルが傾斜する如く作成され、入射光を 10 % 未満の反射率で選択的に反射し、かつクラッドモードの結合損失を 5 dB 以上にする第 4 の屈折率格子部、請求項 1 記載の第 1 の屈折率格子部または請求項 2 記載の第 2 の屈折率格子部のうち少なくとも何れか一つの屈折率格子部が形成されていることを特徴とする複数直列型ファイバプラックグレーティング。

【請求項 4】

光ファイバのコアに、請求項 3 記載の第 4 の屈折率格子部が形成され、この第 4 の屈折率格子部と直列に、請求項 1 記載の第 1 の屈折率格子部、請求項 2 記載の第 2 の屈折率格子部、請求項 3 記載の第 3 の屈折率格子部または請求項 3 記載の第 4 の屈折率格子部のうち少なくとも何れか一つの屈折率格子部が形成されて

いることを特徴とする複数直列型ファイバプラックグレーティング。

【請求項 5】

光ファイバのコアに、請求項1記載の第1の屈折率格子部が形成され、この第1の屈折率格子部と直列に、請求項1記載の第1の屈折率格子部、請求項2記載の第2の屈折率格子部、請求項3記載の第3の屈折率格子部または請求項3記載の第4の屈折率格子部のうち少なくとも何れか一つの屈折率格子部が形成されていることを特徴とする複数直列型ファイバプラックグレーティング。

【請求項 6】

光ファイバのコアに、請求項2記載の第2の屈折率格子部が形成され、この第2の屈折率格子部と直列に、請求項1記載の第1の屈折率格子部、請求項2記載の第2の屈折率格子部、請求項3記載の第3の屈折率格子部または請求項3記載の第4の屈折率格子部のうち少なくとも何れか一つの屈折率格子部が形成されていることを特徴とする複数直列型ファイバプラックグレーティング。

【請求項 7】

光ファイバのコアに、所定のスラント角を有する請求項1記載の第1の屈折率格子部または請求項2記載の第2の屈折率格子部が形成され、この第1の屈折率格子部または第2の屈折率格子部と直列に、前記スラント角と逆符号のスラント角を有する前記第1の屈折率格子部または前記第2の屈折率格子部が形成されていることを特徴とする複数直列型ファイバプラックグレーティング。

【請求項 8】

ポートを有する光ファイバ型カプラにおいて、前記ポートは、請求項1若しくは請求項2記載の擬スラント型ファイバプラックグレーティングまたは請求項3乃至請求項7の何れか記載の複数直列型ファイバプラックグレーティングを備えていることを特徴とする光ファイバ型カプラ。

【請求項 9】

光コネクタ中に、請求項1若しくは請求項2記載の擬スラント型ファイバプラックグレーティングまたは請求項3乃至請求項7の何れか記載の複数直列型ファイバプラックグレーティングが実装されていることを特徴とする光コネクタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】**【発明の属する技術分野】**

本発明は、擬スラント型ファイバプラックグレーティング、複数直列型ファイバプラックグレーティング、光ファイバ型カプラおよび光コネクタに係わり、特に、WDM (Wavelength Division Multiplexing : 波長分割多重) 伝送システムにおいて、重畳する信号群から所望の信号光を分離する場合等に有用な擬スラント型ファイバプラックグレーティング、複数直列型ファイバプラックグレーティング、光ファイバ型カプラおよび光コネクタに関する。

【0002】**【従来の技術】**

近年、大容量情報を伝送するシステムとして、WDM伝送システムが注目されている。このWDM伝送システムは、1本の光ファイバに複数波長の信号光や試験光を多重伝送するもので、送信側では各信号光や試験光を合波する光合波器を、受信側では各信号光を分離する光分波器や不要信号光を遮断する光ブロッキング・フィルタを使用する必要がある。

【0003】

従来、このような光合波器、光分波器および光ブロッキング・フィルタとしては、誘電体多層膜フィルタやファイバプラックグレーティング（以下「FBG」）などによる方式が使用されている。

【0004】

しかしながら、誘電体多層膜フィルタによる方式においては、誘電体多層膜フィルタを光ファイバ間に挿入しこれを接着剤で固定し、若しくはコネクタ間に挟み込んで使用するものであるため、過酷な温度環境下において故障を生ずる虞があり、また特性が変化する虞があった。

【0005】

また、FBGによる方式においては、遮断帯域10～20nm、遮断量20dB程度のチャープトFBGが実用化されているものの、ニーズが高まっている高遮断量（遮断量：40dB以上）のフィルタを実用化することができず、ひいて

はシステム設計の自由度を向上させることができないという難点があった。

【0006】

ここで、チャーピトFBG方式で高遮断量を達成する方法としては、①チャーピ率（格子間隔 Δ の変化率）を緩やかにする方法（以下「低チャーピ率FBG法」という。）や、②遮断量が2～30dB程度の同一構成の二つのチャーピトFBGを2段直列に形成する方法（以下「2段連結法」という。）などが案出されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、①の低チャーピ率FBG法においては、収納スペースの制約から十分なグレーティング長を確保することが困難であり、現実的には実施可能なChirp率に下限がある。例えば、SC形光PADコネクタ中にFBGを実装する場合、ファイバグレーティング長を約20mm以下にする必要があるが、この長さで所要帯域（10～20nm以上）を得るのに必要なチャーピ量では遮断量が40dB以上のFBGを量産することは困難である。また、一つのチャーピトFBG（以下「1段のFBG」という。）では、Bragg波長近傍の帯域外反射が比較的大きいため、使用可能な帯域が制限されるという難点があった。

【0008】

一方、光軸に対してグレーティングが斜方向（スラント角：概ね4°）に作製されたいわゆるスラント型ファイバブラッギンググレーティング（以下「SFBG」という。）による方式も案出されているが、かかるSFBGによる方式においては、通常のシングルモードファイバを使用すると、クラッド（または放射）モード（以下、単に「クラッドモード」という。）への結合効率が低く、十分な帯域遮断量を得ることが困難である。従って、かかるSFBGによる方式で高遮断量を確保するためには、信号光のコアへの閉じ込め作用の小さい専用のファイバ、すなわちシングルモードファイバより比屈折率差（ Δ ）の小さいファイバ等を使用しなければならないという難点がある。

【0009】

次に、②の2段連結法においては、二つのチャーピトFBG間で多重反射（F

a b r y-P e r o t 共振) が発生するという難点がある。すなわち、F B GのB r a g g 波長と一致する波長の光の大半は、光の入射方向に対して上流側に配設されるF B G (以下「前段のF B G」という。) によって反射するが、すなわち光パワーが逆方向の規定モードに結合されるが、一部は前段のF B Gを透過することになる。そして、透過した光の大半は、光の入射方向に対して前段のF B Gより下流側に配設されるF B G (以下「後段のF B G」という。) と前段のF B Gとの間で多重反射を受けることになる。これにより、二つのF B G間でF a b r y-P e r o t 共振が発生し、スペクトル特性にビートが発生し、遮断特性が低下するという難点がある。

【0010】

ここで、多重反射 (F a b r y-P e r o t 共振) の発生を防止する方法として、S F B Gを使用する方式も案出されているが、かかる方式においては、前述のように使用帯域が狭くなるなどの弊害があり、また、線路監視光を遮断する目的で用いる場合など、F B G部分で積極的に反射を発生させる必要がある場合においては、反射率が低いため使用できないという難点がある。

【0011】

本発明は、上述の難点を解決するためになされたもので、1段のF B Gで、F B GとS F B Gの中間的な特性を有すると共に、F B Gの機能とS F B Gの機能の複合により高い遮断量を確保でき、また2段連結の場合に生じる多重反射をクラッドモードに変換し、ひいてはビートの発生を抑制することができる擬スラント型ファイバプラッギンググレーティング (Quasi Slanted Fiber Bragg Gratings) (以下「Q S F B G」という。) 、複数直列型ファイバプラッギンググレーティング (以下「複数直列型F B G」という。) 、光ファイバ型カプラおよび光コネクタを提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するため、本発明のQ S F B Gは、光ファイバのコアに、ファイバ主軸に対してグレーティングの格子ベクトルが傾斜する如く作成され、入射光を90%以上の反射率で選択的に反射し、かつクラッドモードへの結合

損失を5dB未満にする第1の屈折率格子部を備えている。

【0013】

また、本発明のQSF BGは、光ファイバのコアに、ファイバ主軸に対してグレーティングの格子ベクトルが傾斜する如く作成され、入射光を10%以上の反射率で選択的に反射し、かつクラッドモードへの結合損失を5dB以上にする第2の屈折率格子部を備えている。

【0014】

これらの本発明のQSF BGによれば、Bragg反射した光を基底モード（逆方向）に結合させるFBGと、クラッドモードに結合させるSFBGの中間的な特性を有すると共に、FBGの機能とSFBGの機能の複合により高い遮断量を確保できる。

【0015】

本発明の複数直列型FBGは、光ファイバのコアに、ファイバ主軸に対してグレーティングの格子ベクトルが平行になる如く作成され、入射光を実質的に100%の反射率で選択的に反射し、かつクラッドモードへの結合損失を5dB未満にする第3の屈折率格子部が形成され、この第3の屈折率格子部と直列に、ファイバ主軸に対してグレーティングの格子ベクトルが傾斜する如く作成され、入射光を10%未満の反射率で選択的に反射し、かつクラッドモードの結合損失を5dB以上にする第4の屈折率格子部、前述の第1の屈折率格子部または第2の屈折率格子部の少なくとも何れか一つの屈折率格子部が形成されている。

【0016】

また、本発明の複数直列型FBGは、光ファイバのコアに、前述の第4の屈折率格子部が形成され、この第4の屈折率格子部と直列に、前述の第1～第4の屈折率格子部の少なくとも何れか一つの屈折率格子部が形成されている。

【0017】

さらに、本発明の複数直列型FBGは、光ファイバのコアに、前述の第1の屈折率格子部が形成され、この第1の屈折率格子部と直列に、前述の第1～第4の屈折率格子部の少なくとも何れか一つの屈折率格子部が形成されている。

【0018】

また、本発明の複数直列型F BGは、光ファイバのコアに、前述の第2の屈折率格子部が形成され、この第2の屈折率格子部と直列に、前述の第1～第4の屈折率格子部の少なくとも何れか一つの屈折率格子部が形成されている。

【0019】

これらの本発明の複数直列型F BGによれば、多重反射光がクラッドモードに高効率に結合する機能を備え、さらに、基底モード（逆方向）への結合とクラッドモードへの結合の複合により、従来のF BGやSFBGより遮断特性を向上させることができる。

【0020】

また、本発明の複数直列型F BGは、光ファイバのコアに、所定のスラント角を有する前述の第1の屈折率格子部または第2の屈折率格子部が形成され、当該屈折率格子部と直列に、前述のスラント角と逆符号のスラント角を有する前述の第1の屈折率格子部または第2の屈折率格子部が形成されている。

【0021】

本発明の複数直列型F BGによれば、多重反射光を高効率でクラッドモードに変換させ、より一層遮断特性を向上させることができる。

【0022】

次に、本発明の光ファイバ型カプラは、ポートを備えており、かかるポートは、前述のQSFBGまたは複数直列型F BGの何れかを備えている。

【0023】

本発明の光ファイバ型カプラによれば、光ファイバ型カプラを構成するCOMポートに、QSFBGまたは複数直列型F BGを備えていることから、高い遮断量を確保することができると共に、WDM伝送システムを簡易にかつ安価に構築することができる。

【0024】

また、本発明の光コネクタは、光コネクタ中に、前述のQSFBGまたは複数直列型F BGの何れかが実装されている。

【0025】

本発明の光コネクタによれば、本発明に係るQSFBGなどがフェルールに実

装されプラグタイプとされていることから、また、本発明の光コネクタによれば、本発明のQ S F B G または複数直列型F B G がフェルールに実装されプラグタイプとされていることから、高い遮断量を確保することができると共に、当該光コネクタを光伝送路に配設された他のコネクタに着脱自在に接続することができ、ひいては、W D M 伝送システムを簡易にかつ安価に構築することができる。十分な帯域遮断量を確保することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明のQ S F B G 、複数直列型F B G 、光ファイバ型カプラおよび光コネクタの好ましい実施の形態例について、図面を参照して説明する。

【0027】

図1は、本発明の第1の実施例に係るQ S F B G の縦断面図を示している。同図において、本発明のQ S F B G は、石英系ガラスを主成分とするコア4 1と、このコア4 1の外周に設けられ、コア4 1よりも屈折率の小さいクラッド4 2とから成る光ファイバ4 を備えており、当該コア4 1には次のようにして、光軸に沿ってグレーティング間隔が徐々に変化し、かつファイバ主軸に対してグレーティングの格子ベクトルが傾斜する如く作製される第1の屈折率格子部4 1 a または第2の屈折率格子部4 1 b が形成されている。すなわち、光ファイバ4 の外側に位相マスク（不図示）を光ファイバ4 の軸線に対して斜めに配置し、この位相マスクの外側から紫外光（不図示）を照射する。これにより、コア4 1の所定箇所に光軸に沿ってグレーティング間隔が徐々に変化し、かつファイバ主軸に対してグレーティングの格子ベクトルが傾斜する如く第1の屈折率格子部4 1 a または第2の屈折率格子部4 1 b が形成される。

【0028】

なお、第1の屈折率格子部4 1 a または第2の屈折率格子部4 1 b は、光の伝搬方向に沿って長波長側領域から短波長側領域に徐々に変化するように設けることが望ましい。これにより、長波領域側から入射する信号光は、グレーティングにおいてクラッドモードに変換され、当該反射光がコア中に伝搬されず、遮断領域の反射を抑制することができる。

【0029】

以上のQ S F B Gは、具体的には次のように製作される。

【0030】

すなわち、コア径 $8 \mu\text{m}$ 、比屈折率差0.3%のコア41に、Geを含有させてクラッド径 $125 \mu\text{m}$ の光ファイバ4を作製し、この光ファイバ4に、Arイオンレーザ第二高調波（ $\lambda = 244 \text{ nm}$ ）を用いて位相マスク法により、スラント角（ θ ）が 2° のQ S F B Gを形成した。ここで、チャーポト・グレーティングの位相マスクの中心ピリオド（ 2Δ ）は、 1076 nm 、ピリオドのチャーポ率（C）は 0.56 nm/mm 、第1、第2の屈折率格子部41a、41bの長さ（G）は 20 mm 、第1、第2の屈折率格子部41a、41b中の実効屈折率（N）は 1.447 、屈折率変調は 3×10^{-3} とされている。

【0031】

上記の実施例において、スラント角（ θ ）が $0.2 \sim 2^\circ$ で、遮断量が 10 dB 以上の場合において、入射光を90%以上の反射率で反射させ、かつクラッドモードの結合損失を 5 dB 未満にするための第1の屈折率格子部41aを有するQ S F B Gを第1種のQ S F B Gといい、スラント角が $1 \sim 3^\circ$ で、遮断量が 10 dB 以上の場合において、入射光を10%以上の反射率で反射させ、かつクラッドモードの結合損失を 5 dB 以上にするための第2の屈折率格子部41bを有するQ S F B Gを第2種のQ S F B Gという。なお、スラント角（ θ ）とは、入射光が屈折率の高い領域（H）で反射する場合のファイバ軸ベクトル（入射光）と格子ベクトルとのなす角をいう。

【0032】

ここで、第1種のQ S F B Gにおいて、反射率を90%以上としたのは、通常のF B G（第3の屈折率格子）と同程度の反射（実質的に全反射）をさせるためである。また、第1種のQ S F B Gにおいて、クラッドモードの結合損失を 5 dB 未満としたのは、通常のF B Gで見られるクラッドモード結合損失と同程度とするためである。さらに、第2種のQ S F B Gにおいて、反射率を10%以上としたのは、「反射」を機能として利用できるようにするためである。また、第2種のQ S F B Gにおいて、クラッドモードの結合損失を 5 dB 以上としたのは、

通常のFBGで見られるクラッドモード結合損失よりも大きくするためである。

【0033】

以上のFBG、第1種または第2種のQSFBGおよびSFBG（以下「FBG群」という。）の単体の反射率は、JIS C 5901-2001光伝送用受動部品試験方法の6.5項で規定する方法1（光プランチングデバイスを用いる方法）または方法2（光サーチュレータと全反射終端を用いる方法）において、光源にASE（Amplified Spontaneous Emission）光源、SLD（Super Luminescence Diode）光源、EELLED（Edge Emission Light-emitting Diode）光源等の高出力の広帯域光源若しくは低SSE（Source Spontaneous Emission）の波長可変レーザ光源を用い、パワーメータとして波長特性を計測できる光スペクトラムアナライザを用いることにより測定することができる。なお、方法2においては、全反射終端に代えて既知の反射率を有する終端器を用いてもよい。また、FBG群の単体のクラッドモード結合損失については、Chirpを有する広帯域のFBG群の場合には、次式により求めることができる。

【0034】

$$CML = (RL_2(\lambda) - RL_1(\lambda)) / 2$$

CML (λ) : クラッドモード結合損失

RL₁ (λ) : Chirp方向に（格子間隔の短い方から）試験光を入射して得た反射減衰量（スペクトル）

RL₂ (λ) : Chirp方向の逆に（格子間隔の長い方から）試験光を入射して得た反射減衰量（スペクトル）

上式において、両測定値の差はクラッドモード結合損失の寄与を示す。すなわちクラッドモード結合損失はBragg波長より数nm短い波長領域に発生するため、Chirp方向から試験光を入射する場合にはクラッドモード結合損失を受けることなくBragg反射されるが、逆方向から入射する場合にはその波長のBragg反射点に至るまでの間にクラッドモード結合損失を受けるため（その波長よりも数nm長いBragg波長の領域、すなわちその波長にクラッドモ

ード結合損失を与える領域を通過するので、クラッドモード結合損失を受ける)、両測定値の差はクラッドモード結合損失の寄与を示すことになる。なお、2で除したのは、反射測定であるため試験光はクラッドモード結合損失を与える区間を往復しており、クラッドモード結合損失の効果を二重に受けているためである。

【0035】

以上の第1の実施例に係る第1種、第2種のQSFBGによれば、通常のFBGと従来のSFBGの中間的な特性を有し、また、通常のFBGの機能、すなわち、基底モードで伝搬する入射光を逆方向の基底モードに変換(反射)する機能と、従来のSFBGの機能、すなわち、反射光をクラッドモードに結合させる機能との複合により高い遮断量を確保することができる。特に、第2種のQSFBGにおいては、基底モードへの結合とクラッドモードへの結合の複合作用により、FBGやSFBGよりも高い遮断特性を有する。

【0036】

図2は、従来のFBGおよびSFBGと、本発明における第1の実施例に係る第2種のQSFBGの透過スペクトル、すなわち入力波長(nm)と透過率(dB)との関係を示している。同図において、細線W1はスラント角(θ)が 0° の従来のFBGを、太線W2はスラント角(θ)が 2° の本発明の第2種のQSFBGを、点線W3はスラント角(θ)が 4° の従来のSFBGの特性を示している。同図より、本発明の第2種のQSFBGは、 $1550 \sim 1565\text{ nm}$ の帯域において、 $40 \sim 80\text{ dB}$ 程度の範囲で光信号を遮断できることが分かる。

【0037】

図3は、本発明の第2の実施例に係る複数直列型FBGの縦断面図を示している。なお、同図において、図1と共に部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。図3において、本発明の複数直列型FBGは、石英系ガラスを主成分とするコア41と、このコア41の外周に設けられ、コア41よりも屈折率の小さいクラッド42とから成る光ファイバ4を備えており、当該コア41には次のようにして、前述の第1種、第2種のQSFBG(第1、第2の屈折率格子部41a、41b)が直列に形成されている。すなわち、第1の実施例と同様に

、光ファイバ4の外側に位相マスクを光ファイバ4の軸線に対して斜めに配置し、この位相マスクの外側から紫外光を照射する。これにより、コア41の所定箇所に第1種のQSFBG（第1の屈折率格子部41a）が形成される。次いで、この状態で光ファイバ4を軸方向にずらして、前述と同様に紫外光を照射することにより、第2種のQSFBG（第2の屈折率格子部41b）が形成される。

【0038】

ここで、第1種、第2種のQSFBG（第1、第2の屈折率格子部41a、41b）は、第1の実施例と同様に、それぞれ光の伝搬方向に沿って長波長側領域から短波長側領域に徐々に変化するように設けられており、第1種のQSFBG（第1の屈折率格子部41a）と第2種のQSFBG（第2の屈折率格子部41b）との間には、1mm程度の平坦領域（グレーティングが書き込まれない領域）が設けられている。

【0039】

以上の第2の実施例に係る複数直列型FBGは、具体的には次のように製作される。

【0040】

すなわち、コア径 $8\mu\text{m}$ 、比屈折率差0.3%のコア41に、Geを含有させてクラッド径 $125\mu\text{m}$ の光ファイバ4を作製し、この光ファイバ4に、KrFエキシマレーザ（ $\lambda=248\text{nm}$ ）を用いて位相マスク法により、スラント角（ θ ）が 2° の第1種、第2種のQSFBG（第1、第2の屈折率格子部41a、41b）を直列に形成した。ここで、チャーポト・グレーティングの位相マスクの中心ピリオド（ 2Λ ）は、 1140nm 、ピリオドのチャーポ率（C）は 1.2nm/mm 、第1種、第2種のQSFBG（第1、第2の屈折率格子部41a、41b）の長さ（G）は 8mm 、第1種、第2種のQSFBG（第1、第2の屈折率格子部41a、41b）中の実効屈折率（N）は 1.447 、屈折率変調は 3×10^{-3} とされている。なお、前述の実施例においては、第1種、第2種のQSFBG（第1、第2の屈折率格子部41a、41b）間の間隔を 1mm にしているが、 200mm 以下、具体的には、数～数十ミリとしてもよい。

【0041】

以上の第2の実施例に係る複数直列型FBGによれば、従来のFBGやSFBGよりも高い遮断特性を有し、高反射率を確保することができ、さらに多重反射光をクラッドモードに高効率に変換し、ビート発生を抑制することができる。特に、後述するように、二つの第2種のQSFBGを2段連結した場合においては、より一層高い遮断特性を有する。

【0042】

図4は、第2の実施例に係る複数直列型FBGの反射スペクトル、すなわち入力波長(nm)と反射率(dB)との関係を示している。

【0043】

同図において、細線W4は従来のFBG(1段のFBG)を、太線W5は第2の実施例に係る複数直列型FBGを示している。同図から、本発明の複数直列型FBGにおいては、1540～1560nmの帯域の信号が100%近く反射される一方、Bragg波長近傍の帯域外反射が小さいことが分かる。

【0044】

以上の実施例においては、スラント角(θ)が 2° の二つのQSFBGを2段連結した場合について述べているが、後述するように、FBG、SFBG、第1種、第2種のQSFBGを組合せて2段連結してもよい。

【0045】

表1は、FBG、SFBG、第1種、第2種のQSFBGを2段連結する場合の組合せの態様とその機能を示している。

【0046】

【表1】

試料番号	前段	後段	遮断量	反射率	多重反射
1	F BG	F BG	中	高	有
2	F BG	第1種のQSFBG	中	高	無
3	F BG	第2種のQSFBG	中～大	高	無
4	F BG	S FBG	中	高	無
5	第1種のQSFBG	F BG	中	高	無
6	第1種のQSFBG	第1種のQSFBG	中	高	無
7	第1種のQSFBG	第2種のQSFBG	中～大	高	無
8	第1種のQSFBG	S FBG	中	高	無
9	第2種のQSFBG	F BG	中～大	高	無
10	第2種のQSFBG	第1種のQSFBG	中～大	高	無
11	第2種のQSFBG	第2種のQSFBG	大	高	無
12	第2種のQSFBG	S FBG	中～大	高	無
13	S FBG	F BG	中	低～中	無
14	S FBG	第1種のQSFBG	中	低～中	無
15	S FBG	第2種のQSFBG	中～大	低～中	無
16	S FBG	S FBG	中	低	無

【0047】

表1から、試料番号2～16において、2段連結の場合に生じる多重反射をクラッドモードに結合できることが分かり、特に、試料番号3、7、9～12においては、他の試料番号より、さらに遮断量および反射率が高いことが分かる。

【0048】

ここで、主な2段連結の特性をみると、先ず、試料番号1、すなわち同一設計の二つのF BGを直列に形成した場合においては、遮断量が中で、反射率が高いものの、前段のF BGと後段のF BG間で多重反射を受け、Fabry-Pérot共振が発生し、ひいてはスペクトル特性にリップルが現れるという難点がある。また、試料番号16、すなわち同一構成の二つのS FBGを直列に形成した場合においては、遮断量が中で、二つのS FBG間で多重反射を受けないものの、S FBG自身が基底モードをクラッドモードに変換させる作用を有しているた

め、基底モードへ殆ど結合されず、ひいては反射率が低くなる。この低反射率は、反射が好ましくない伝送システムでは利点となるが、線路監視システムにおいて線路監視光などの反射を積極的に利用する伝送システムでは欠点となる。なお、通常のシングルモードファイバを使用してSFBGを作成する場合、クラッドモードへの結合効率を高くすることは困難であり、高い遮断量の確保は困難である。

【0049】

次に、試料番号4、すなわち、前段にFBGを、後段にSFBGを直列に形成した場合においては、高反射率が得られるため反射光を必要とする伝送システムでは有利になるものの、後段のSFBGの帯域幅が狭いため、全体的に使用可能な帯域が制限される。

【0050】

続いて、試料番号2、すなわち図5に示すように、前段にFBGを後段に第1種のQSFBGを直列に形成した場合においては、前述の試料番号4と同様に高反射率が得られるため反射光を必要とする伝送システムでは有利になる。また、後段に第1種のQSFBGが連結されているため、多重反射光をクラッドモードに高効率に変換し、ビート発生を抑制できる点で有利になる。すなわち、FBGのBragg波長と一致する波長の光の大半は、図5に示すように、前段のFBGによって反対方向の基底モードに結合されるが、一部は前段のFBGを透過し、かかる透過光は後段の第1種のQSFBGにおいて反射し、この反射光が入射方向と $\pi - 2\theta$ (θ は「スラント角」) の角度をなす方向に反射され、さらにこの反射光が前段のFBGでクラッドモードに高効率に変換され、ひいてはビート発生が抑制される。また、試料番号6、すなわち同一設計の二つの第1種のQSFBGを直列に形成した場合も、前述の試料番号4と同様に高反射率が得られるため反射光を必要とする伝送システムでは有利になる。

【0051】

また、試料番号11、すなわち同一設計の二つの第2種のQSFBGを2段連結した場合においては、前述の試料番号6と同様に高反射率が得られ、ビートも抑制され、さらにBragg反射とクラッドモードの結合との複合作用により、

他の2段連結より、より一層高遮断量を得ることができる。

【0052】

ここで、試料番号11において、前段の第2種のQSFBGと後段の第2種のQSFBGのスラント角(θ)の関係を最適にすると、具体的には、図6に示すように、前段の第2種のQSFBGのスラント角(θ)を概ね 2° にし、後段の第2種のQSFBGのスラント角(θ)を逆符号(概ね -2°)にすると、多重反射光が効率良くクラッドモードに結合されるため、相乗的に遮断特性をより一層向上させることができる。

【0053】

なお、前述の第2の実施例においては、2段連結について述べているが、必要により、3段以上連結してもよい。

【0054】

図7は、第2の実施例に係る複数直列型FBGを用いた光ファイバ型カプラの模式図を示している。なお、同図において、図3と共通する部分に同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0055】

図7において、本発明の光ファイバ型カプラ5は、上り信号(1260～1360nm)と下り信号(1480～1580nm)を合分波するカプラ本体51と、カプラ本体51の入力側に装備されるCOMポート52と、カプラ本体の出力側に装備される第1、第2のOUTポート53、54とを備えている。ここで、COMポート52を構成する光ファイバ心線の先端部には第1のコネクタ56が取り付けられており、また、第1のOUTポート53(以下、「1.55ポート」という。)を構成する光ファイバ心線の先端部には後述するPD(Photodiode)に接続される第2のコネクタ57が、第2のOUTポート54(以下、「1.3ポート」という。)を構成する光ファイバ心線の先端部には後述するLD(Laser Diode)に接続される第3のコネクタ58が取り付けられている。

【0056】

このような構成の光ファイバ型カプラ5は、図8に示すようにして製造するこ

とができる。なお、同図において、図3および図7と共通する部分には同一の符号が付されている。

【0057】

先ず、図8（a）に示すように、シングルモードの光ファイバの周囲に樹脂を被覆した2本の光ファイバ心線4a、4bを用意し、一方の光ファイバ心線4aのコアに前述と同様の方法により、第1、第2の屈折率格子部41a、41bを直列に形成する。そして、2本の光ファイバ心線4a、4bの中間部の樹脂被覆を所定の長さに亘って除去して光ファイバ4a'、4b'を露出させる。

【0058】

次いで、2本の光ファイバ4a'、4b'をマイクロバーナ装置などで溶融しながら融着延伸し所定の分岐比のところで延伸を止める。これにより、図8（b）に示すように、光分岐結合部6およびその両側から延出する第1～第4の光ファイバ部6a～6dが得られる。ここで、図8（c）に示すように、第2の光ファイバ部6bに連設される他方の光ファイバ4b'を切除する。

【0059】

次に、図8（d）（e）に示すように、光分岐結合部6および第1～第4の光ファイバ部6a～6dを純石英などから成るパッケージ基盤61に設けられた溝61aに収納するとともに、第1～第4の光ファイバ部6a～6dを接着剤62a、62bを介してパッケージ基盤61に固定し、これをステンレス管63などに収納する。なお、ステンレス管63の外周には必要により収縮チューブなどの保護チューブ64が設けられる。これにより、COMポート52、1.55ポート53および1.3ポート54を有する光ファイバ型カプラ5を得ることができる。

【0060】

図9（a）は、従来の光ファイバ型カプラの遮断特性を、図9（b）は本発明の光ファイバ型カプラの遮断特性を示している。なお、図9（a）（b）において、細線は1.3ポートの遮断特性を、太線は1.55ポートの遮断特性を示している。

【0061】

図9（a）から、従来の光ファイバ型カプラにおいては、1. 3ポートでは1. 3 nm帯域の信号を100%近く透過している一方、1. 55 nm帯域では信号を透過しておらず、また、1. 55ポートでは1. 55帯域の信号を100%近く透過している一方、1. 3 nmの帯域では殆ど信号を透過していないことが分かる。

【0062】

また、図9（b）から、本発明の光ファイバ型カプラにおいては、1. 3ポートでは、従来の光ファイバ型カプラと同様の遮断特性を有しているものの、1. 55ポートでは、1. 3 nm帯域の信号を殆ど透過しておらず、また、1. 55 nm帯域では信号が切り出されていることが分かる。

【0063】

なお、前述の実施例においては、第2の実施例に係る複数直列型FBGを用いた場合について述べているが、第1の実施例に係る第1種のQSFBGまたは第2種のQSFBGを用いてもよい。

【0064】

図10は、本発明の光ファイバ型カプラをFTTB（Fiber To The Building）の光加入者アクセスシステムに適用した場合のWDM伝送システムの構成図を示している。なお、図10および後述の図11において、図3、図7および図8と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0065】

図10において、WDM伝送システムは、局側に設けられる光回線終端装置（Optical Line Terminal）（以下「OLT」という。）1と、加入者側に設けられる複数の光ネットワーク装置（Optical Network Unit）（以下「ONU」という。）2と備えており、OLT1と各ONU2間はシングルモード光ファイバ心線などから成る光伝送路3で接続されている。なお、図10および後述する図11においては、説明を簡単にするため、1台のONU2のみが図示されている。

【0066】

OLT 1は、1. 3 μ m帯域の上り信号を受信する受信用のPD（以下「局側PD」という。）11と、1. 49 μ m帯域の下り信号を送信する送信用のLD（以下「第1の局側LD」という。）12と、1. 55 μ m帯域の下り信号を送信する送信用のLD（以下「第2の局側LD」という。）15と、上り下りの2波長を合分波するWDMカプラ（以下「局側WDMカプラ」という。）13と、PLC（平面光導波路）スプリッタ14と、カプラ16とを備えている。また、ONU 2は、1. 49 μ m帯域の下り信号を受信する受信用のPD（以下「第1の加入者側PD」という。）21と、1. 3 μ m帯域の上り信号を送信する送信用のLD（以下「加入者側LD」という。）22と、本発明の光ファイバ型カプラ（以下「加入者側WDMカプラ」という。）5とを備えている。

【0067】

ここで、第1の局側LD12および第2の局側LD15はカプラ16に接続され、このカプラ16には局側WDMカプラ13が接続されている。また、局側PD11は局側WDMカプラ13に接続され、この局側WDMカプラ13にはPLCスプリッタ14が接続されている。次に、加入者側WDMカプラ5の第2のコネクタ57は加入者側PD21に、第3のコネクタ58は加入者側LD22にそれぞれ接続されている。また、加入者側WDMカプラ5の第1のコネクタ56はアダプタ26に接続され、このアダプタ26には第4のコネクタ24が接続されている。さらに、第4のコネクタ24には光伝送路3を介してPLCスプリッタ14が接続されている。

【0068】

このような構成のWDM伝送システムにおいては、伝送路内のファイバブラッゲグレーティングとカプラが一体化されていることから、すなわち加入者側WDMカプラ5のCOMポートを構成する光ファイバのコアに第1、第2の屈折率格子部41a、41bが直列に形成されていることから、1. 55 nm帯域の下り信号を遮断することができる。また、長波領域側から入射する信号光は、スラント型のグレーティングにおいて反射され、当該反射光がコア41中に伝搬されないことから、遮断領域の反射を抑制することができる。

【0069】

従って、本発明のWDM伝送システムによれば、現用のFTTBシステムを構成する光伝送路のアダプタやコネクタに、本発明の光ファイバ型カプラ5を着脱自在に接続することで、「映像配信」が不要のFTTH（Fiber To The Home）システムを簡易にかつ安価に構築することができる。

【0070】

次に、「映像配信」が不要のFTTHシステムを「映像配信」が必要のFTTHシステムに切替える場合は、図11に示すように、本発明の光ファイバ型カプラ5に代えて従来の光ファイバ型カプラ23を接続し、第1のコネクタ56を第2のアダプタ26'および第5のコネクタ24'を介してフィルタ（またはカプラ）28に接続し、このフィルタ（またはカプラ）28に、1.55μm帯域の下り信号を受信する第2の加入者側PD27を接続し、さらにフィルタ（またはカプラ）28を第6のコネクタ25'を介してアダプタ26に接続すればよい。

【0071】

これにより、「映像配信」不要のFTTHシステムを「映像配信」必要なFTTHシステムに容易にかつ安価に切替えることができる。

【0072】

なお、前述の実施例においては、第1、第2の屈折率格子部41a、42bをCOMポート側に形成した場合について述べているが、1.55ポート側に形成してもよい。

【0073】

図12は、第1の実施例に係る第1種のQSF BG、第2種のQSF BGまたは第2の実施例に係る複数直列型FBGを用いたSC形光PADコネクタの縦断面図を示している。同図において、SC形光PADコネクタは、ハウジング7を備えており、このハウジング7内の一端部側の中心部にはフェルール8が配設されている。そして、このフェルール8内には、前述の第1種のQSF BG、第2種のQSF BGまたは複数直列型FBGの何れかが装着されている。この実施例では複数直列型FBG9が装着されている。なお、この光コネクタの一端部側は雄形構成とされ、他端部側は雌形構成とされている。

【0074】

この実施例によれば、複数直列型FBGなどがフェルールに実装され、プラグタイプとされていることから、当該光コネクタを光伝送路に配設された他のコネクタに着脱自在に接続することができ、ひいては、WDM伝送システムを簡易にかつ安価に構築することができる。また、COMポートの先端部に当該光コネクタを接続した場合においては、当該光コネクタを光伝送路の光ネットワーク装置側に配設されたコネクタに着脱自在に接続することができる。

【0075】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明のQSFBGによれば、1段のFBGで、FBGとSFBGの中間的な特性を有すると共に、FBGの機能とSFBGの機能の複合により高い遮断量を確保することができる。また、本発明の複数直列型FBGによれば、Bragg波長近傍の帯域外反射が小さく、多重反射をクラッドモードに変換し、ひいてはビートの発生を抑制することができる。さらに、本発明の光ファイバ型カプラによれば、光ファイバ型カプラを構成するCOMポートに、本発明のQSFBGまたは複数直列型FBGを備えていることから、高い遮断量を確保することができると共に、WDM伝送システムを簡易にかつ安価に構築することができる。また、本発明の光コネクタによれば、本発明のQSFBGまたは複数直列型FBGがフェルールに実装されプラグタイプとされていることから、高い遮断量を確保することができると共に、当該光コネクタを光伝送路に配設された他のコネクタに着脱自在に接続することができ、ひいては、WDM伝送システムを簡易にかつ安価に構築することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施例に係るQSFBGの縦断面図。

【図2】

本発明の第1の実施例に係るQSFBGの透過特性を示す説明図。

【図3】

本発明の第2の実施例に係る複数直列型FBGの縦断面図。

【図4】

本発明の第2の実施例に係る複数直列型FBGの反射特性を示す説明図。

【図5】

本発明の複数直列型FBGの他の実施例に係る縦断面図。

【図6】

本発明の複数直列型FBGの他の実施例に係る縦断面図。

【図7】

本発明の光ファイバ型カプラの模式図。

【図8】

本発明の光ファイバ型カプラの製造手順を示す説明図で、図8(a)は2本の光ファイバ心線の一方に第1、第2の屈折率格子部を設けた状態を示す説明図、図8(b)は2本の光ファイバを融着延伸して光分岐結合部を形成した状態を示す説明図、図8(c)は他方の光ファイバ心線の一部を切除した状態を示す説明図、図8(d)は光分岐結合部をパッケージ化した状態を示す側面図、図8(e)は図8(d)のA-A線断面図。

【図9】

本発明の光ファイバ型カプラの遮断特性を示す説明図で、図9(a)は、従来の光ファイバ型カプラの遮断特性を示す説明図、図9(b)は本発明の光ファイバ型カプラの遮断特性を示す説明図。

【図10】

本発明の光ファイバ型カプラを映像配信不要のFTTHシステムに適用したシステム構成図。

【図11】

図10のシステム構成に含まれる本発明の光ファイバ型カプラを従来のWDMカプラに交換することにより構成できる、映像配信が必要なFTTHシステム構成図。

【図12】

本発明の光コネクタの縦断面図。

【符号の説明】

1 ……光回線終端装置(OLT)

2 ……光ネットワーク装置（ONU）

3 ……光伝送路

4 ……光ファイバ

4 1 ……コア

4 1 a ……第1の屈折率格子部（第1種のQSF BG）

4 1 b ……第2の屈折率格子部（第2種のQSF BG）

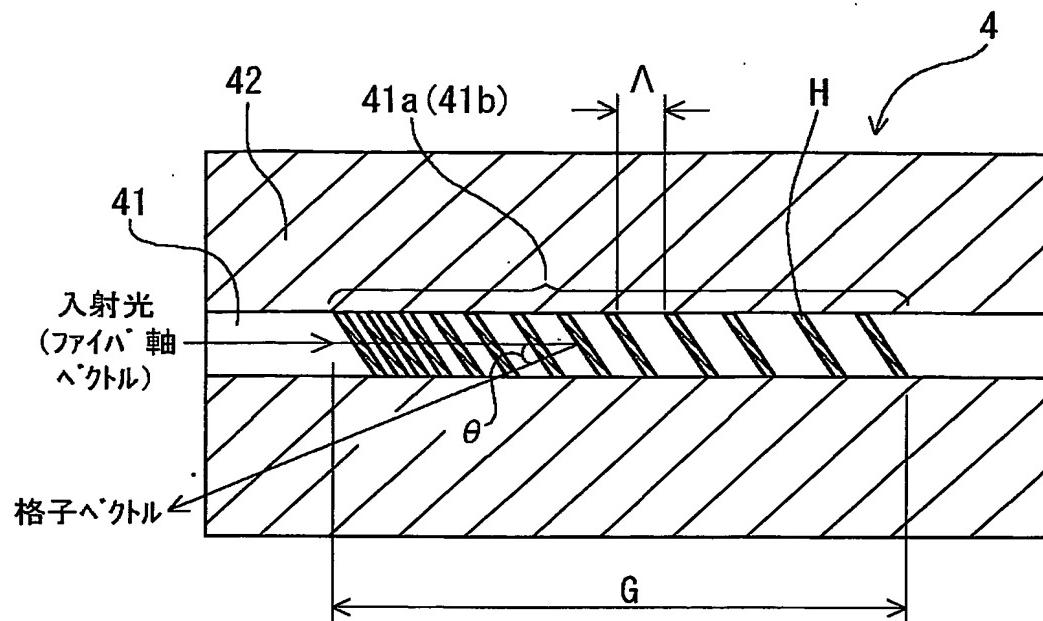
4 2 ……クラッド

5 ……光ファイバ型カプラ

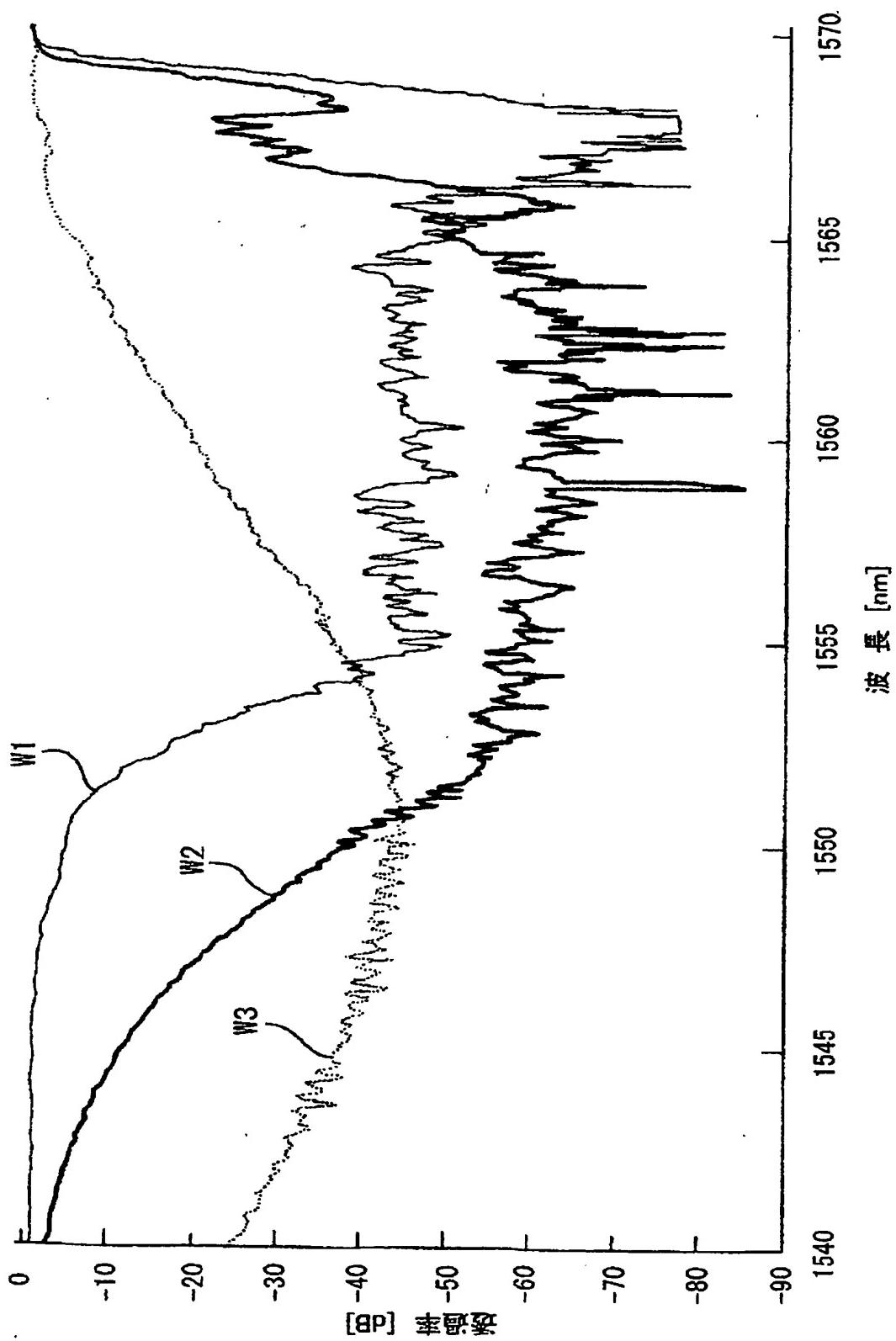
9 ……複数直列型FBG

【書類名】 図面

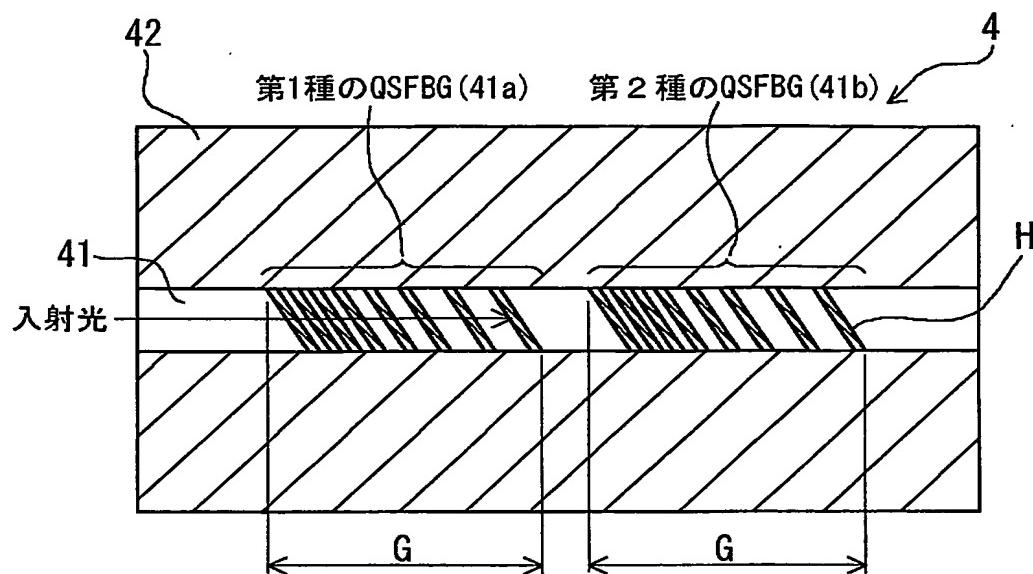
【図 1】



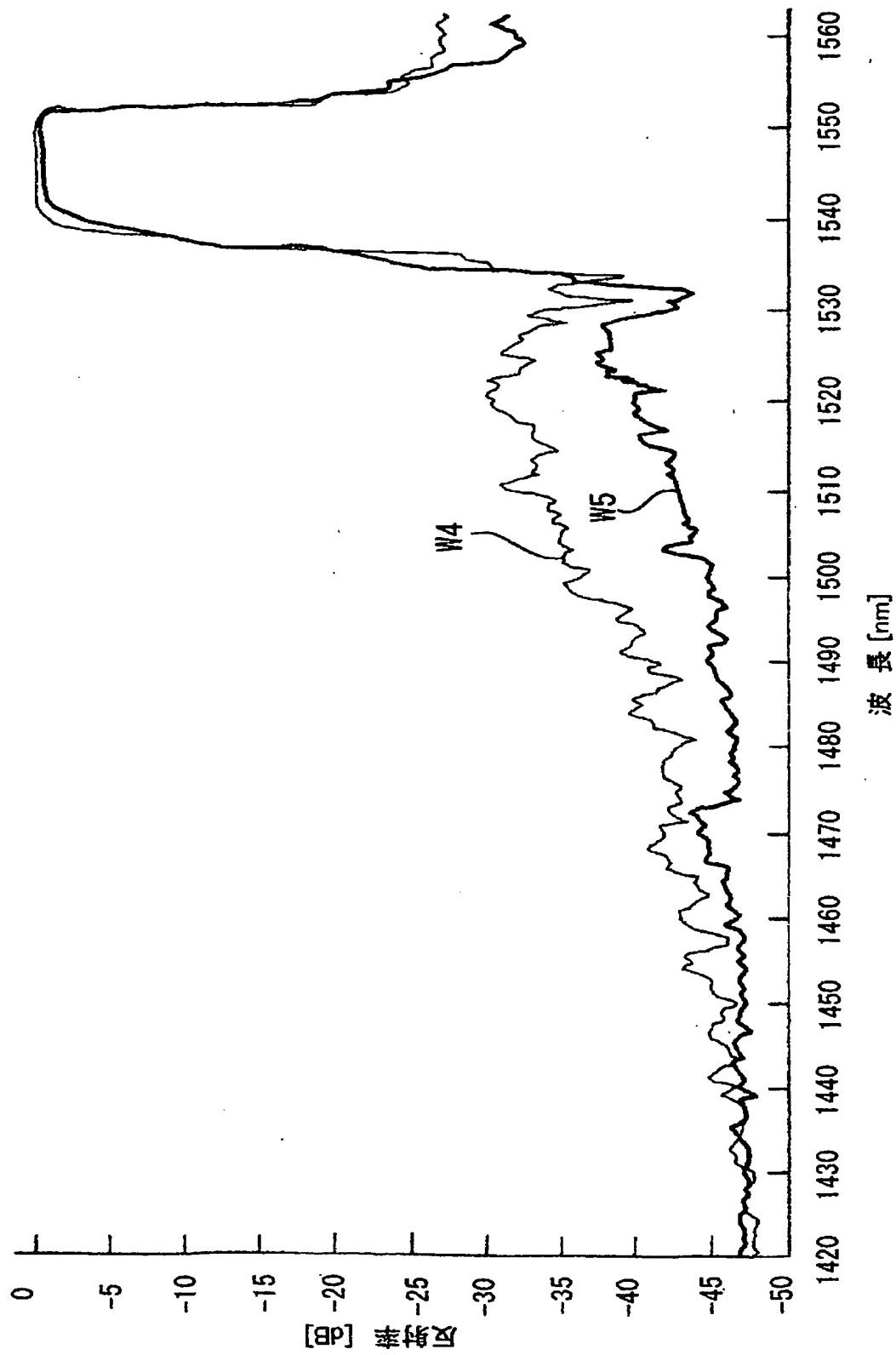
【図2】



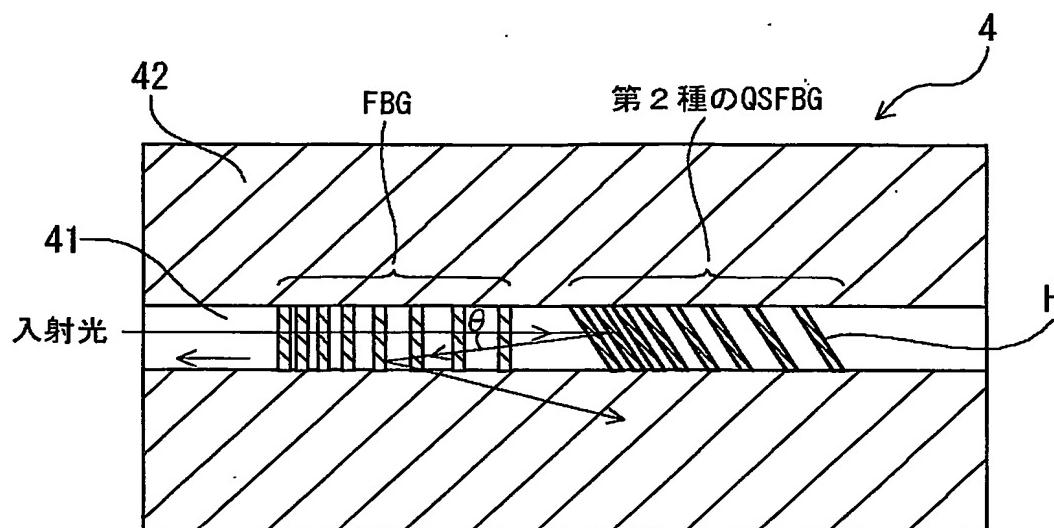
【図 3】



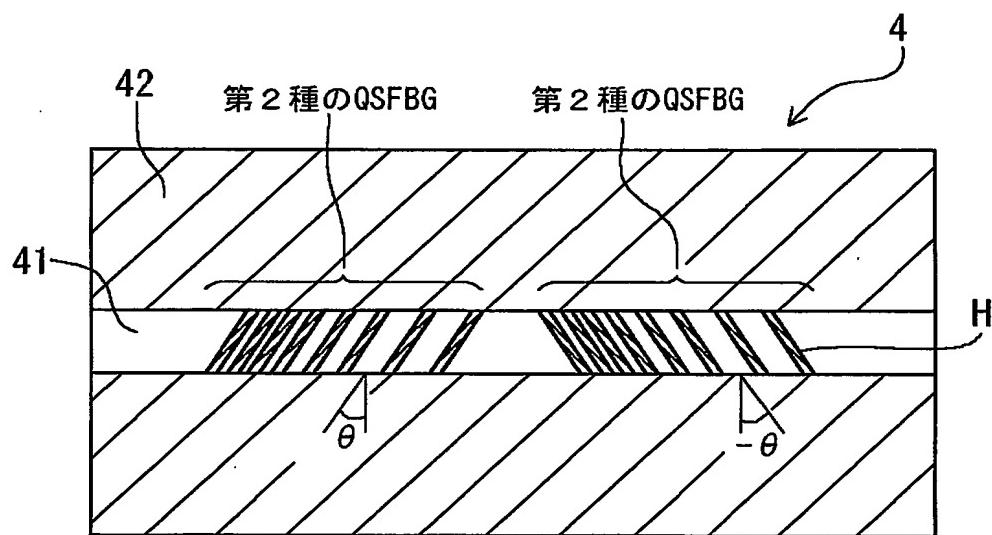
【図4】



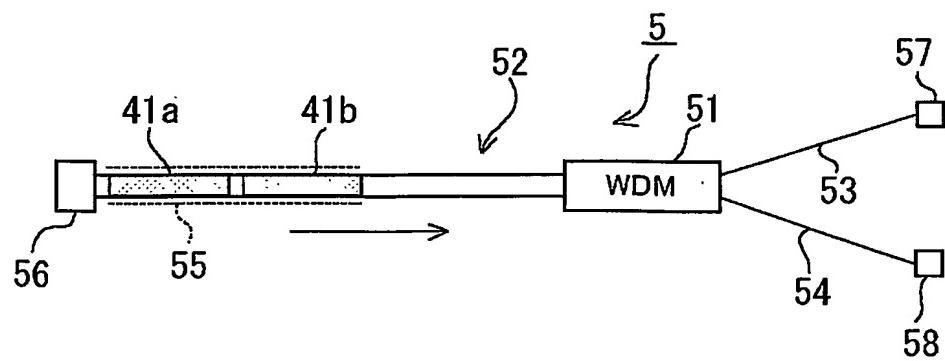
【図 5】



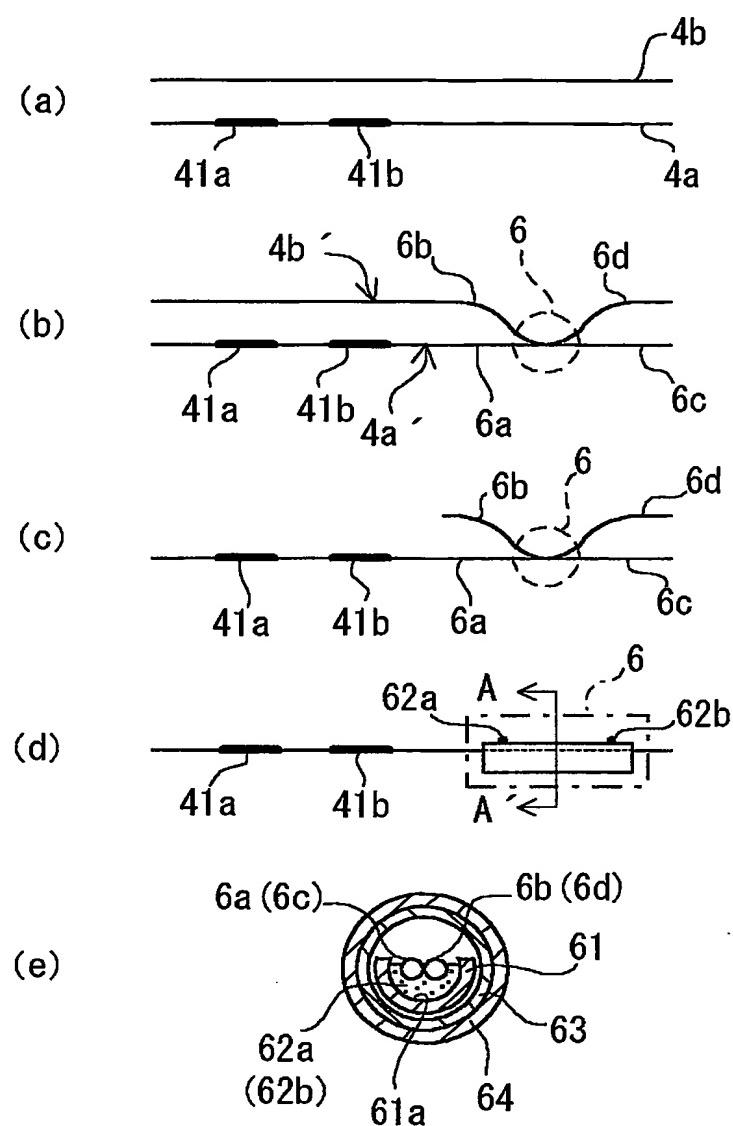
【図 6】



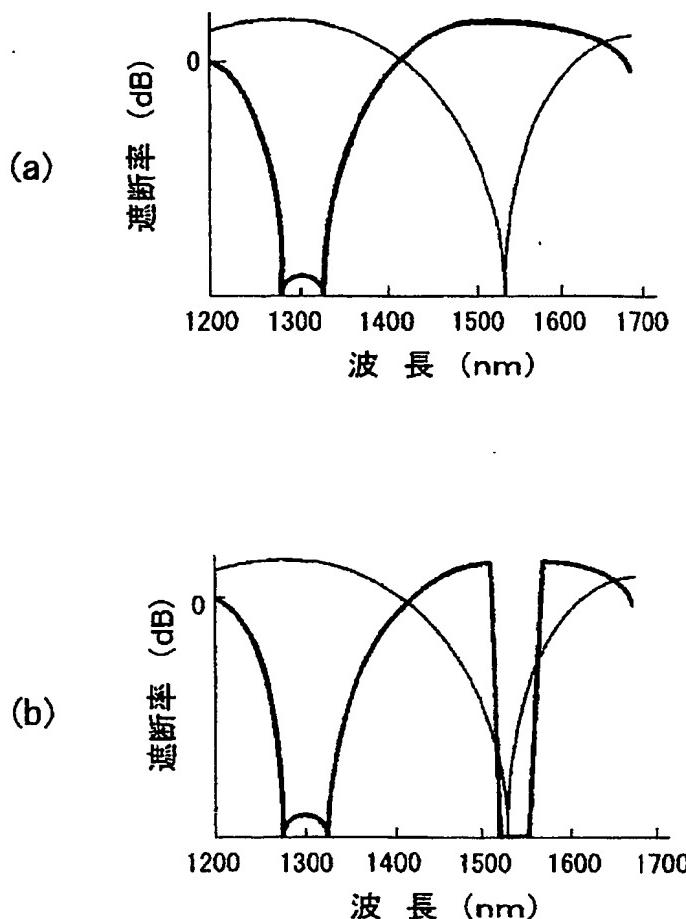
【図 7】



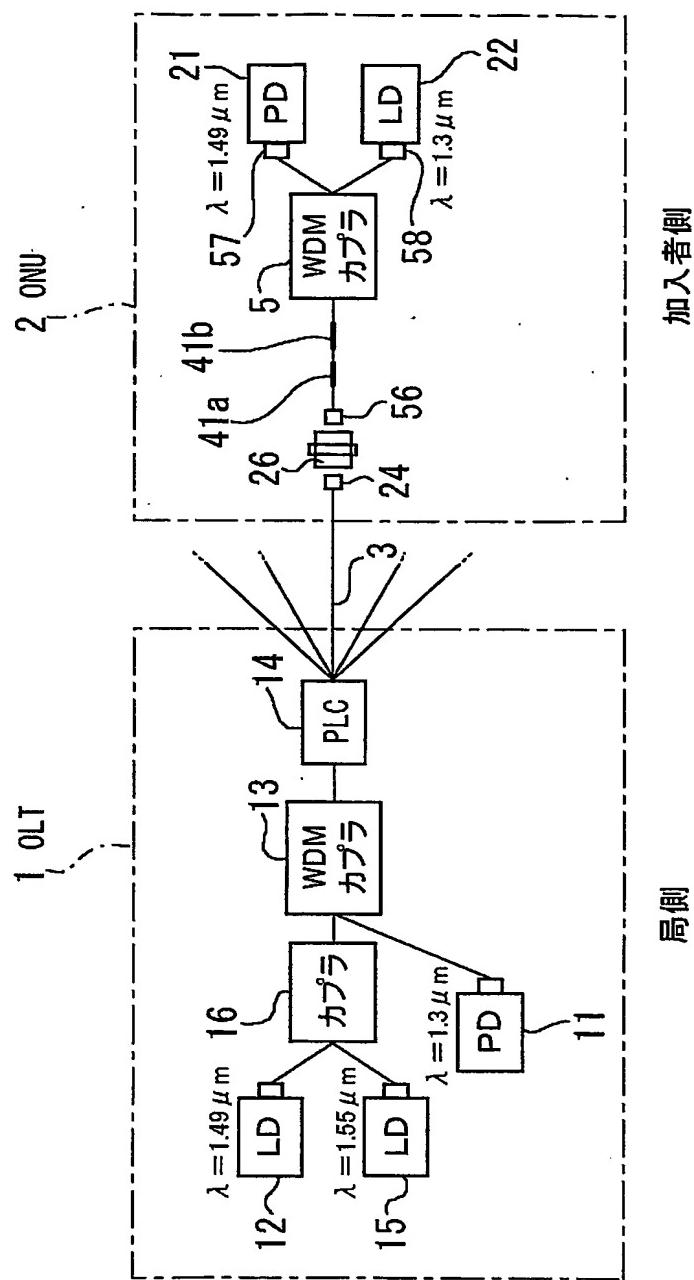
【図8】



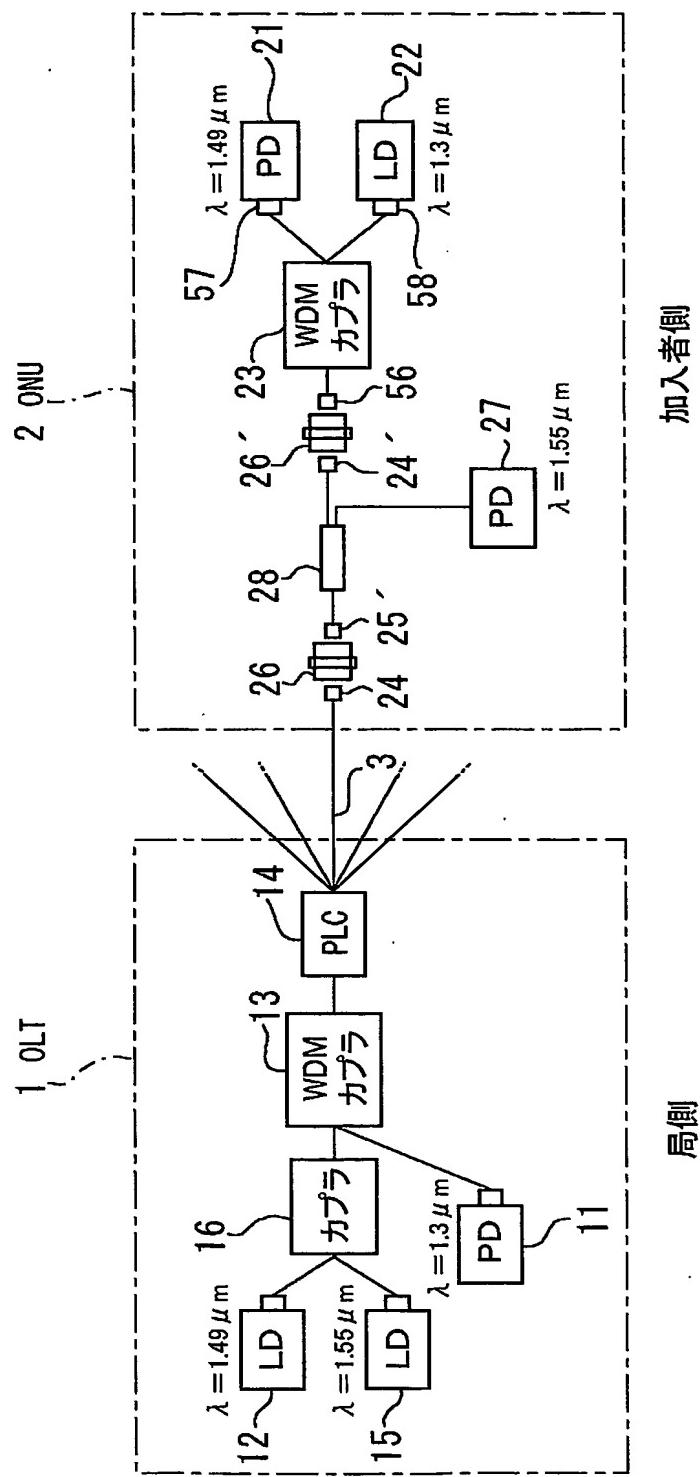
【図9】



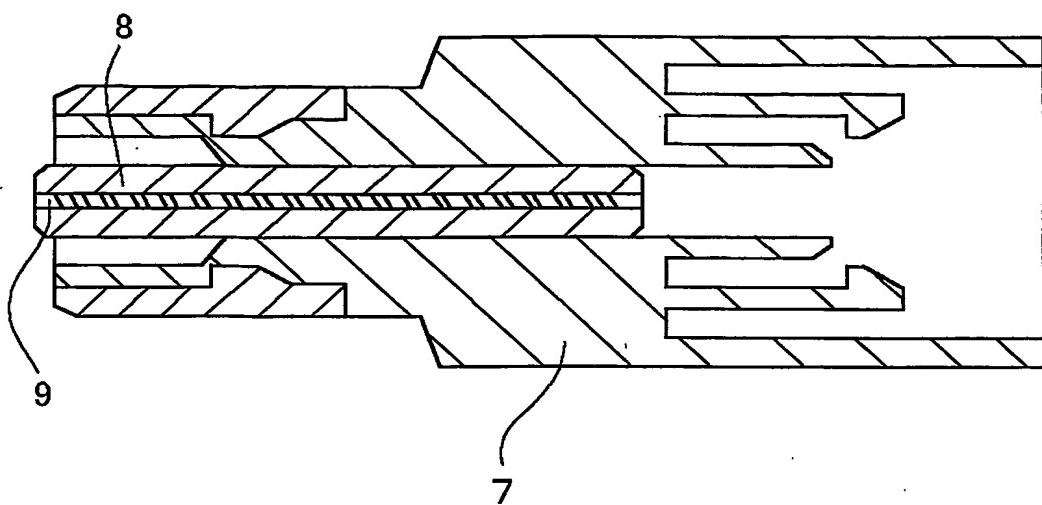
【図10】



【図11】



【図12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 1段のF B Gで高い遮断量を確保でき、また2段連結の場合に生じる多重反射をクラッドモードに変換しビートの発生を抑制する。

【解決手段】 コア径 $8 \mu\text{m}$ 、比屈折率差0.3%のコア41に、Geを含有させてクラッド径 $125 \mu\text{m}$ の光ファイバ4を作製し、この光ファイバ4に、KrFエキシマレーザ($\lambda = 248 \text{ nm}$)を用いて位相マスク法により、スラント角が 2° の二つの屈折率格子部41a、41bを直列に形成した。ここで、チャーブト・グレーティングの位相マスクの中心ピリオド(2 Λ)は、 1140 nm 、ピリオドのチャーブ率(C)は 1.2 nm/mm 、第1、第2の屈折率格子部41a、41bの実効屈折率(N)は 1.447 、屈折率変調は 3×10^{-3} で、第1、第2の屈折率格子部41a、41b間の間隙は 1 mm とされている。

【選択図】 図3

認定・付加情報

特許出願の番号 特願2002-241798
受付番号 50201242873
書類名 特許願
担当官 第一担当上席 0090
作成日 平成14年 8月23日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 8月22日

次頁無

出証特2003-3059806

特願 2002-241798

出願人履歴情報

識別番号 [000002255]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住所 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号
氏名 昭和電線電纜株式会社